เครื่องโทรสาร

ดร.ศุภชัย ตั้งวงศ์ศานต์*

เครื่องโทรสาร (Facsimile) เป็นอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งที่ส่งข้อมูลในรูปของภาพ (Image) โดยผ่านเครือข่ายสื่อสารที่เชื่อมโยงต้นทางและปลายทาง เครือข่ายสื่อสารเป็นได้ทั้งประเภทมีสาย หรือไร้สาย สายของการเชื่อมโยงโดยทั่วไปจะเป็นสายโทรศัพท์ เพราะเป็นเครือข่ายสื่อสารที่มีพร้อมอยู่แล้วการกระจายมีอยู่ทั่วไป

เครื่องโทรสารได้มีการพัฒนาใช้งานมากว่า 50 ปี แต่ได้ใช้เป็นประโยชน์ในภาคธุรกิจอย่างจริงจังในปี ค.ศ. 1966 ด้วยเครื่องโทรสารมีราคาถูกลง ขนาดวางตั้งบนโต๊ะได้และพิมพ์ได้ด้วยกระดาษธรรมดา ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องโทรสารทั้งในด้านคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น และในด้านเวลาของการส่งให้สั้นลง ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น การกวาดภาพ (image scanning) สามารถให้ความละเอียดได้มากกว่า 7.7 เส้นต่อมิลลิเมตร การเปลี่ยนแปลงในรหัสของการส่งผ่านข้อมูล (CCITT G1, G2, G3 และ G4) วิธีการแปลงและแปลสัญญาณในสายโทรศัพท์ (modulation และ demodulation) ตลอดจนเทคโนโลยีในการพิมพ์ด้วยแสงเลเซอร์ และที่สำคัญคือ การพัฒนาของเทคโนโลยีต่างๆนี้ได้ช่วยทำให้อุปกรณ์เครื่องโทรสารมีราคาถูกลงอย่างมาก ทำให้เครื่องโทรสารได้มีผู้ใช้อย่างกว้างขวางในธุรกิจและอุตสาหกรรม ในสำนักงานยุคใหม่เครื่องโทรสารเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกในด้านการติดต่อสื่อสาร การส่ง memo การส่งใบสั่งซื้อสินค้า การส่งผังการออกแบบ ดูเหมือนว่าเครื่องโทรสารจะเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ขาดเสียมิได้แล้วในเวลานี้

ระบบการทำงาน

เครื่องโทรสารมีระบบการทำงานแสดงได้ดังรูป 1 ส่วนสำคัญประกอบด้วย ส่วนกวาดภาพ (Image scanner) ส่วนแปลงรหัส (Coding) ส่วน modulation และส่วนกลับของมันคือ demodulation ติดตามด้วยส่วนแปลรหัส และสุดท้าย ส่วนพิมพ์ภาพ (Image printing)

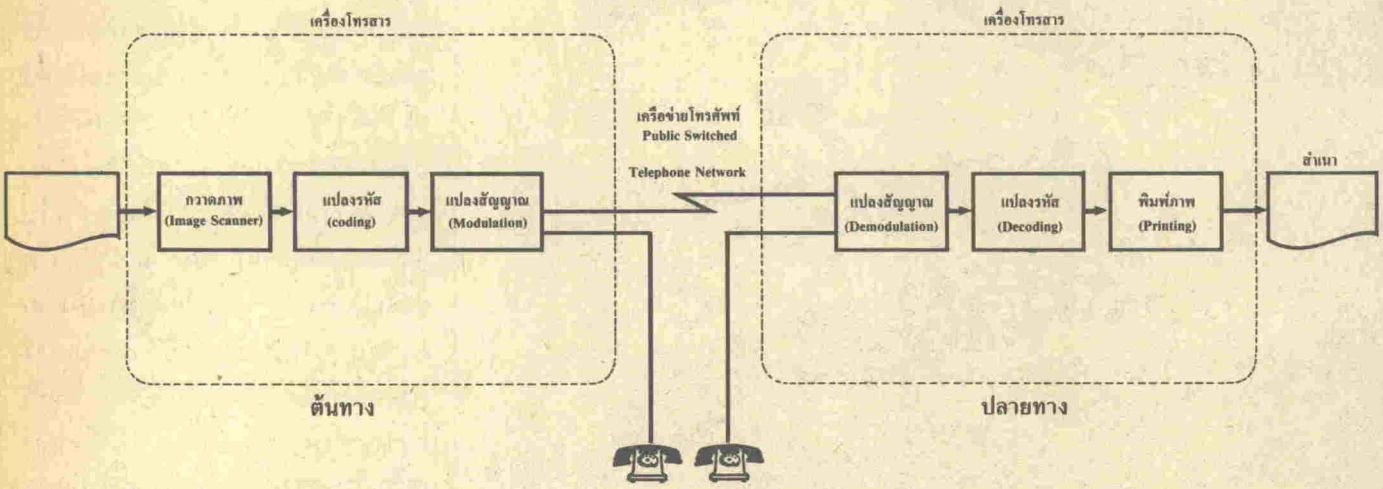
*ผู้อำนวยการสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

การกวาดภาพส่วนใหญ่จะใช้แบบพื้นเรียบ (Flat bed) ที่เอกสารต้นฉบับจะป้อนเข้า ซึ่งต่างจากในอดีตมักจะเป็นแบบรูปทรงกระบอก (Drum) ที่ให้เอกสารกลิ้งตามพื้นผิว เอกสารจะวิ่งเข้าในส่วนกวาดภาพในอัตราเร็วสม่ำเสมอ โดยมีหลอดแสงฉายลงบนเอกสารนั้น จุดขาว/ดำบนเอกสารจะสะท้อนแสงโดยให้ระดับความเข้มที่ต่างกัน ซึ่งตรวจจับได้ด้วย image sensor และแปลงออกในรูปของสัญญาณไฟฟ้า จากสัญญาณที่ได้มาแปลงเป็นรหัสข้อมูลเพื่อทำการส่งออกโดยผ่านสายโทรศัพท์หรือเครือข่ายสื่อสารอื่น ที่ปลายทางเมื่อรับรหัสข้อมูลที่ส่งมาได้ ก็จะทำการแปลกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า และพิมพ์ภาพออกโดยวิธีใช้ความร้อน (thermal printing) หรือใช้แสงเลเซอร์ บนกระดาษเพื่อเก็บเป็นสำเนา โดยทั่วไปความละเอียดของภาพจะได้ 3.85 เส้นต่อมิลลิเมตร และในอัตราเร็ว 20-60 วินาทีต่อแผ่น ของเอกสารขนาด A4 หากต้องการความละเอียดของภาพมากขึ้นเวลาการส่งผ่านก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

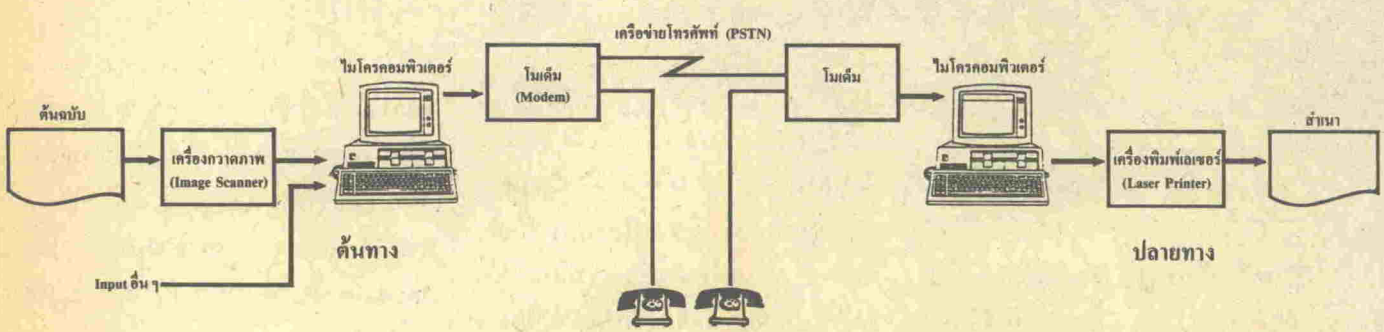
นอกจากทำงานตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้น เครื่องโทรสารในปัจจุบันยังได้เพิ่ม "ลูกเล่น" อีกมากมาย เช่น มีหน่วยความจำทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เก็บเอกสารไว้ขั้นหนึ่งก่อน บางเครื่องเก็บได้มากถึง 60 แผ่น ขนาดกระดาษ A4 และใช้เวลาเพียง 6 วินาทีในการกวาดภาพ มีความสามารถในการย่อส่วนเอกสาร (Size reduction) การติดต่อทางโทรศัพท์ทำได้โดย auto-dial และหากการติดต่อจับได้ว่ามีข้อผิดพลาดมากเครื่องยังสามารถส่งรหัสข้อมูลซ้ำอีกครั้งหนึ่ง (Automatic page re-transmission) นอกจากนี้ยังสามารถทำการกระจายการส่งได้ (Broadcasting) คุณลักษณะพิเศษเหล่านี้ช่วยทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูง

ระบบโทรสาร

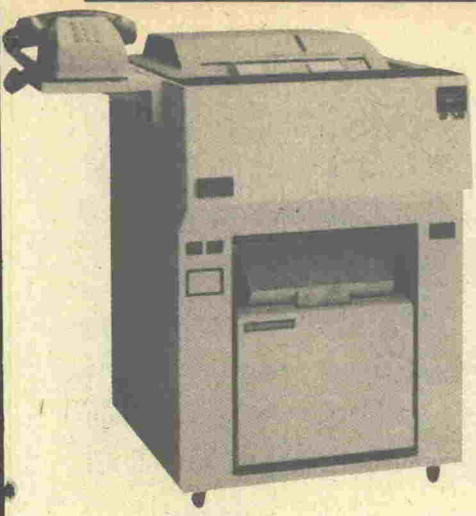
นอกจากเครื่องโทรสารในรูปแบบข้างต้นแล้ว ยังมีผู้คิดค้นส่งโทรสารจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หรือพีซีโดยตรง เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ได้มีพร้อมอยู่แล้วในสำนักงาน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเทอร์มินัลหรือเป็นเวอร์กสเตชั่น ระบบโทรสารจะมีส่วนประกอบดังรูป 2 ระบบโทรสารในรูป



รูปที่ 1 แสดงระบบการทำงานของเครื่องโทรสาร



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบโทรสาร



แบบนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะรับอินพุตจากเครื่องกวาดภาพ หรือแหล่งอินพุตอื่น เช่น เท็กซ์หรือภาพจากดิสเกตต์ หรือสร้างรูปจากเมาส์ สำหรับภาพเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะทำการแปลงเป็นรหัสแล้วส่งออกในลักษณะของไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic mail) โดยผ่านโมเด็มซึ่งทำหน้าที่ modulate สัญญาณให้วิ่งได้ในโทรศัพท์ที่ปลายทาง ไมโครคอมพิวเตอร์จะรับไปรษณีย์ที่ส่งมาอย่างอัตโนมัติเช่นเดียวกับเครื่องโทรสารทั่ว ๆ ไป และทำการแปลรหัสข้อมูลกลับมาในรูปของภาพและฝากเก็บไว้ในจานแม่เหล็กหรือจะพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์เลเซอร์ได้ แต่การที่ฝากเก็บไว้ในจานแม่เหล็กมีข้อดีคือสามารถเลือกดูไปรษณีย์ก่อนได้ และทำลายไปรษณีย์ประเภทขยะ (Junk mail) เพื่อลดความสิ้นเปลืองในการพิมพ์

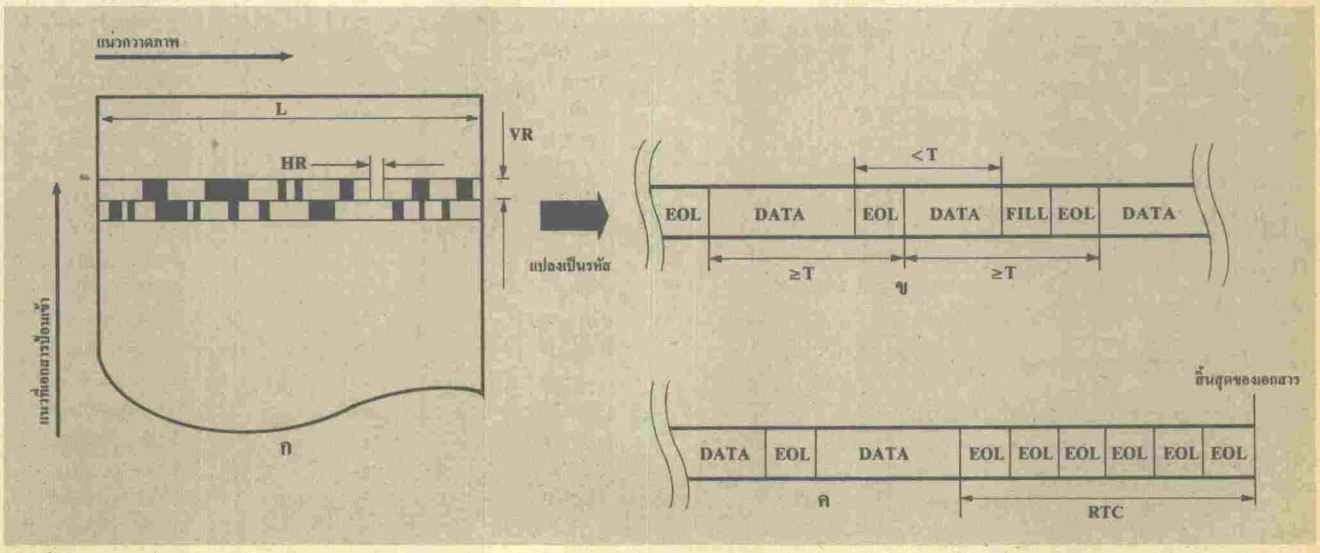
นอกจากนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไม่เพียงแต่สามารถรับ/ส่งข้อมูลในลักษณะโทรสารหรือภาพดังกล่าวแล้ว ยังสามารถรวมเอาข้อมูลในลักษณะของเสียงพูด (Voice, ส่งเป็น voice mail) วิดีโอ (Video) เข้าอยู่ในระบบเดียวกันเป็นระบบ CBMS (Computer-based message system)

ปัจจุบันระบบ CBMS ได้มีการพัฒนาทางเทคโนโลยีไปอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ปัญหาหนึ่งที่ยังหาข้อยุติไม่ได้คือ ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้อย่าง 100% หรือไม่มีคอมแพตทิบิลิตี้จากแหล่งผู้ขายที่ต่างกันเพราะผู้ขายมักจะหนีออกจากมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ตกลงกัน เพื่อพยายามผูกขาดในทางการค้า

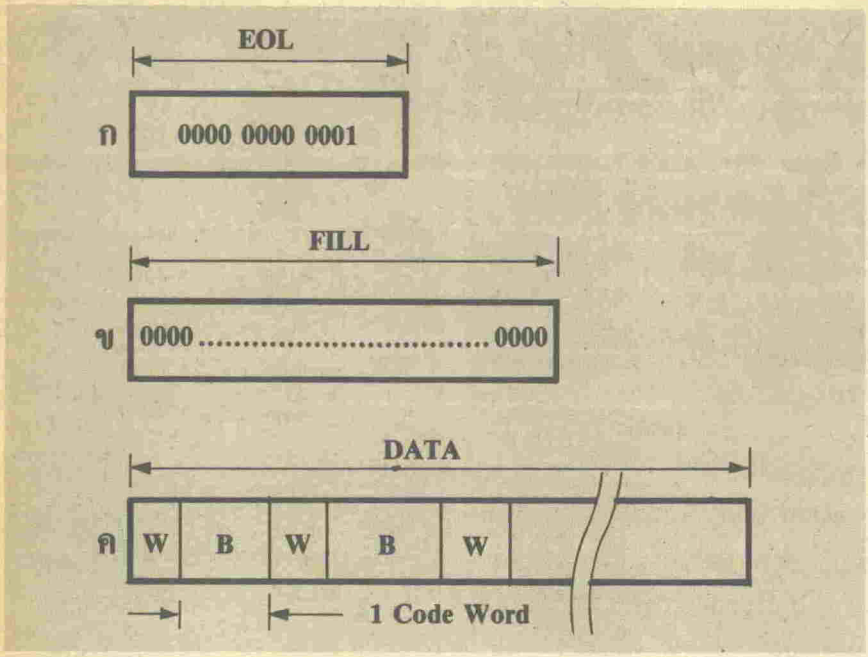
รหัสการส่งผ่านข้อมูลโทรสาร

รหัสการส่งข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานที่ต้องได้มาตรฐานเดียวกันเพื่อสามารถใช้ร่วมกันได้ รหัสข้อมูลโทรสารได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมาหลายยุค ตามมาตรฐานของ CCITT ได้มีกลุ่ม 1 ถึง 4 เรียกว่า G1, G2, G3 และ G4 ใน G1 และ G2 จัดเป็นกลุ่มของ analog facsimile G1 ใช้เวลาในการส่งสาร 4 ถึง 6 นาทีต่อแผ่นขนาดกระดาษ A4 ส่วน G2 ลดเวลาลงเหลือ 2-3 นาทีต่อแผ่น สำหรับ G3 และหลังสุดคือ G4 จัดเป็นกลุ่มของ digital facsimile G3 ใช้เวลาส่งสารไม่เกิน 1 นาทีต่อแผ่นบนสายโทรศัพท์ G4 มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ได้ทั้งภาพและตัวอักษรปนกันในแผ่นเดียวได้ คือ ใช้ได้ทั้งรหัสของข้อกำหนดใน G3 และรหัสตัวอักษร นอกจากนี้ให้ลดระยะเวลาของการส่งและลดปัญหาความผิดพลาดในการรับข้อมูล

เครื่องโทรสารที่ขายในท้องตลาดปัจจุบัน ส่วนใหญ่ยังอยู่ในมาตรฐาน CCITT G3 และ G2 G2 นับวันจะหมดความสำคัญไป ในที่นี้จึงขอกล่าวเฉพาะ facsimile code ของ G3 ประเภท one dimension ดังนี้ ดูจากรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดง facsimile code ของ G3 ประเภท one dimension



รูปที่ 4 แสดงรหัสของ EOL, FILL และ DATA

ตามรูป 3 (ก) ให้

VR เป็นความละเอียดของการกวาดภาพตามแนวเอกสารป้อนเข้า

HR เป็นความละเอียดไปตามแนวกวาดภาพ

VR มีค่ามาตรฐาน 3.85 เส้นต่อ มม. ±1% และสำหรับความละเอียดสูง 7.7 เส้นต่อ มม. ±1%

HR มีความละเอียด 8 จุด (pel) ต่อ มม. โดยค่ามาตรฐาน 1728 pels (picture elements) ต่อความยาว 215 มม. ±1% หรือ 2048 pels ต่อ 255 มม. ±1% หรือ 2432 pels ต่อ 303 มม. ±1%

ภาพขาวดำที่กวาดได้ตามแนวนอน ซึ่งมีความ "หนา" VR และความยาว L จะแปลงเป็นรหัสข้อมูลประกอบด้วยรหัสตามรูป 3(ข)

<DATA> <EOL>

หรือ <DATA> <FILL> <EOL>

ให้ T เป็นค่าต่ำสุดของการส่งผ่านข้อมูล (minimum transmission time) มีค่ามาตรฐาน 20 msec

รหัส <EOL> บ่งบอกการสิ้นสุดของเส้น มีรหัสเป็น 0000 0000 0001 หากพบรหัส <EOL> เป็นจำนวน 6 ชุดติดต่อกันก็จะหมายถึงการสิ้นสุดของเอกสาร และกลับคืนสู่โหมดของการควบคุม (RTC = return to control) จามรูป 3(ค)

รหัส <FILL> จะให้รหัส 0 ทั้งหมด โดยจะสอดแทรกอยู่ระหว่างรหัส <DATA> และ <EOL> เมื่อเวลาของการส่งข้อมูลรวมกันแล้วสั้นกว่า T ตามรูป 3(ข) และรูป 4(ข)

รหัส <DATA> ซึ่งเป็นเนื้อหาของภาพจะประกอบด้วย code word ขาว/ดำ สลับกันดังรูป 4(ค) โดยรหัสขาว <W> จะขึ้นต้นก่อนทุกครั้ง หาก

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของรหัส <TCW> และ <MCW> ทั้งของแถบขาวและดำ

White run length	Code word	Black run length	Code word
0	00110101	0	0000110111
1	000111	1	010
2	0111	2	11
3	1000	3	10
4	1011	4	011
5	1100	5	0011
6	1110	6	0010
7	1111	7	00011
8	10011	8	000101
9	10100	9	000100
10	00111	10	0000100
11	01000	11	0000101
12	001000	12	0000111
13	000011	13	00000100
14	110100	14	00000111
15	110101	15	000011000
16	101010	16	0000010111
17	101011	17	0000011000
18	0100111	18	0000001000
19	0001100	19	00001100111
20	0001000	20	00001101000
21	0010111	21	00001101100
22	0000011	22	00000110111
23	0000100	23	00000101000
24	0101000	24	00000010111
25	0101011	25	00000011000
26	0010011	26	000011001010
27	0100100	27	000011001011
28	0011000	28	000011001100
29	00000010	29	000011001101
30	00000011	30	000001101000
31	00011010	31	000001101001

White run length	Code word	Black run length	Code word
32	00011011	32	000001101010
33	00010010	33	000001101011
34	00010011	34	000011010010
35	00010100	35	000011010011
36	00010101	36	000011010100
37	00010110	37	000011010101
38	00010111	38	000011010110
39	00101000	39	000011010111
40	00101001	40	000001101100
41	00101010	41	000001101101
42	00101011	42	000011011010
43	00101100	43	000011011011
44	00101101	44	000001010100
45	00000100	45	000001010101
46	00000101	46	000001010110
47	00001010	47	000001010111
48	00001011	48	000001100100
49	01010010	49	000001100101
50	01010011	50	000001010010
51	01010100	51	000001010011
52	01010101	52	000000100100
53	00100100	53	000000110111
54	00100101	54	000000111000
55	01011000	55	000000100111
56	01011001	56	000000101000
57	01011010	57	000001011000
58	01011011	58	000001011001
59	01001010	59	000000101011
60	01001011	60	000000101100
61	00110010	61	000001011010
62	00110011	62	000001100110
63	00110100	63	000001100111
64	11011	64	0000001111
128	10010	128	000011001000
192	010111	192	000011001001
256	0110111	256	000001011011
320	00110110	320	000000110011
384	00110111	384	000000110100
448	01100100	448	000000110101
512	01100101	512	0000001101100
576	01101000	576	0000001101101
640	01100111	640	0000001001010
704	011001100	704	0000001001011
768	011001101	768	0000001001100
832	011010010	832	0000001001101
896	011010011	896	0000001110010
960	011010100	960	0000001110011
1024	011010101	1024	0000001110100
1088	011010110	1088	0000001110101
1152	011010111	1152	0000001110110
1216	011011000	1216	0000001110111
1280	011011001	1280	0000001010010
1344	011011010	1344	0000001010011
1408	011011011	1408	0000001010100
1472	010011000	1472	0000001010101
1536	010011001	1536	0000001011010
1600	010011010	1600	0000001011011
1664	011000	1664	0000001100100
1728	010011011	1728	0000001100101
EOL	000000000001	EOL	0000000000001

ของจริงในเอกสารแถบภาพดำขึ้นต้นก่อน รหัสความยาวศูนย์ของขาว <W> จะใช้เป็นคำนำหน้า

ใน 1 code word อาจประกอบด้วยรหัส <TCW> หรือรหัส <MCW> <TCW>

<TCW> (Terminating code word) เป็นรหัสที่ใช้แทนแถบภาพความยาวตั้งแต่ 0-63 pels

<MCW> (Make-up code word) เป็นรหัสแทน multiple ของ 64 เช่น 64, 128, 192,...1728 ตาราง 1(ก) และ (ข) แสดงรายละเอียดของรหัส <TCW> และ <MCW> ทั้งของแถบขาวและดำ

ตัวอย่าง จากการกวาดภาพได้เส้นภาพเส้นหนึ่งเริ่มด้วยเส้นดำ ติดตามด้วยเส้นขาวสลับเส้นดำ จนถึงสิ้นสุดของภาพเส้นนั้น ความยาวเป็น 66, 135,...pels ตามลำดับ

รหัส <DATA> ของภาพเส้นนี้จะเป็นดังนี้

Block ที่ 1 เป็นเส้นขาวความยาว = 0 รหัสเป็น 0011 0101

Block ที่ 2 เป็นเส้นดำความยาว = 66 หรือ = 64+2

รหัสเป็น 0000 0011 11 11
<MCW> <TCW>

Block ที่ 3 เป็นเส้นขาวความยาว = 135 หรือ = 128+7

รหัสเป็น 10010 1111
<MCW> <TCW>

Block ต่อ ๆ ไป หาได้ในทำนองเดียวกัน

นอกจากการแปลงรหัสของภาพใน one dimension แล้ว ใน G3 ยังมีการแปลงรหัสแบบ two dimensions รายละเอียดติดตามได้ในเอกสารของ CCITT Standardization of Group 3 Facsimile Apparatus for Document Transmission